No. 4 電極の試験と測定

真空管製造学入門

小口貴仁 Oguchi Yoshihito



HF-300Bのマウントの最終検査

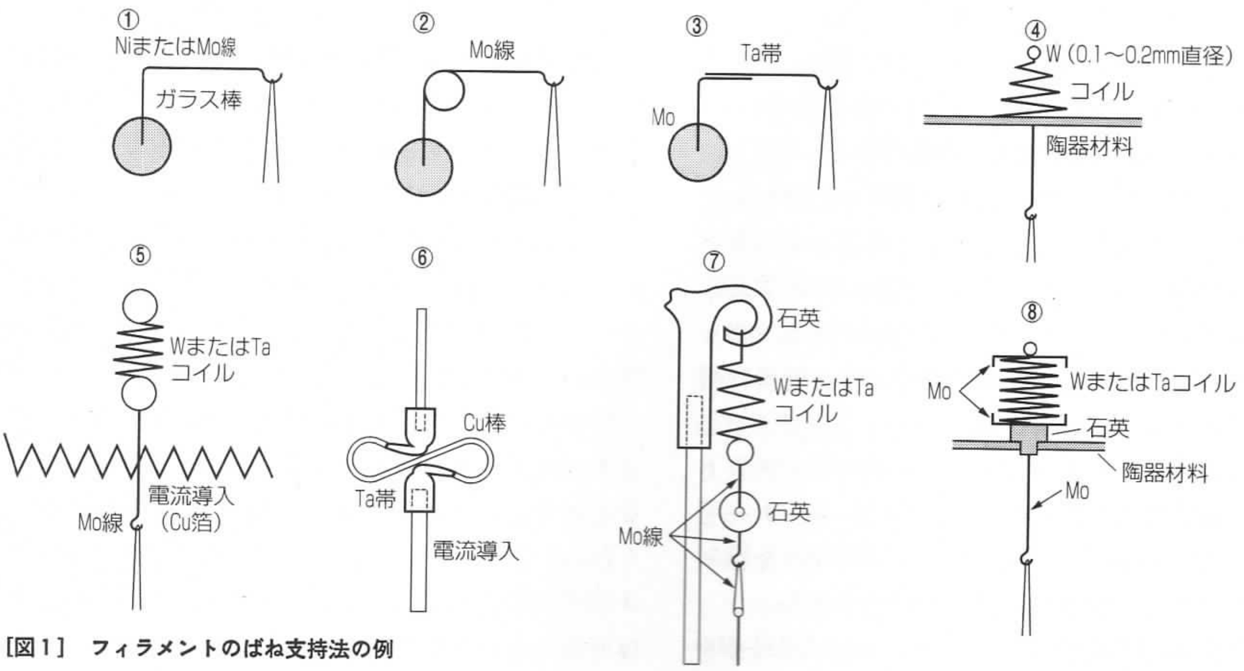
前回はガラスバルブの性質からバルブ内面に付着した物質などによる，内部構造物の状況を推測してみました．また真空管のベースやソケットとの接続に際しての注意点なども述べました．

内部構造物など製造過程での加工具合，特に直熱管ではフィラメントの吊り(アンカー)具合にはいろいろな方法があります(図1)．

フィラメント加熱時にフィラメントワイヤーの伸びによって，スプリングアクションがどう動くか，グリッドの相対位置がどう変化するか，真空管を手に取って考えてみることも店頭での真空管選びの重要なポイントです．

オカヤのHF-300Bでは，フィラメントの加熱によってヒゲアンカーも熱せられ伸長しますので，冷状態でのフィラメント位置は，上部から見て少しグリッド中心よりも外側になっています．引張り強度も重要ですので，全部分必ずテンションゲージで測定調整されていました(写真1)．

輸入された300Bの断線したフィラメントを見せてもらったこと



[図1] フィラメントのばね支持法の例

があります．それはヒゲアンカーではなく，コイルスプリングアンカーでした．コイルスプリングは熱せられると，加工前の直線に戻りたい性質を残しています．

フィラメントが点火してスプリングに熱が伝わってくると，巻かれた方向とは反対の方向に戻ろうとする力が働きます．赤熱したフィラメントはねじられているので，冷熱を繰り返すうちに断線しやすくなります．

コイルスプリングは材料に加え熱処理に工夫が必要です．ターン数，型状，線径など，実験により得られた数値を参考に決定します．

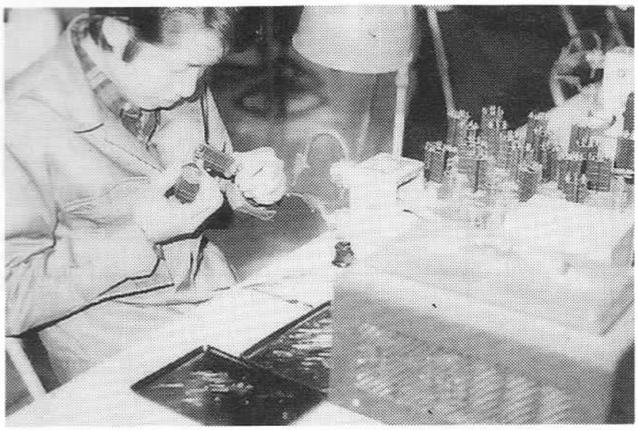
2A3 や 211 の太いフィラメントとは異なる 300B では，スプリングの取り付け支持を含めて，よく観察して買うことをお勧めします．

真空管を外見上で判断することは難しいと思いますが，知識を持ってよく見ることが必要です．

1. 電気的特性の測定と試験

(1) 導通，短絡の試験

真空管の各端子は，ヒーターのように必ず導通していなければいけないところと，グリッドやプレートなど他の電極とは絶縁されていなければならないところが区別されています．これらが異状ならば，真空管は使えないことになります．試験のうち最も簡単な項目で，普通，抵抗が測れるようなテスターを使えば容易に行えますので，現場でのチェックとして広く行われています．



フィラメントは点火したときの温度で伸び，アンカーも熱伝導により伸び，中心位置がずれてグリッドの中心から外れないように調整しておく．

[写真1] フィラメントアンカーの張力をテンションゲージを使って測定しながらの作業

(2) 導通試験

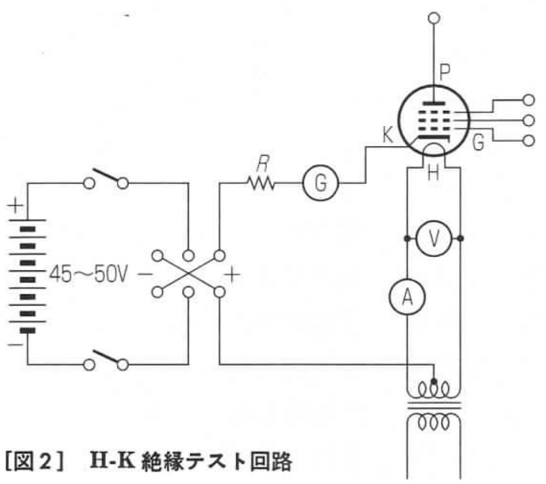
普通に使われている導通試験器，オーム目盛り付きテスターなどによって行います．

フィラメント電圧が低い小電流の電池管フィラメントの導通を試験する際には，導通試験によりフィラメントを焼損させないようにあらかじめ試験回路に流れる電流を調べておいて，過大電流による断線に注意します．

(3) 絶縁試験

2極管や3極管では電極相互間の組み合わせが少ないので，小型真空管では500V，大型真空管では1000Vメガーを直接使用し，真空管加熱前と動作試験後に測定します．一般に加熱後の絶縁抵抗は低く，複雑な構造の真空管ではより低くなります．

傍熱型のヒーターとカソードの絶縁試験では**図2**のように規定電圧でカソードを加熱し，45～50V程度の直流電圧をヒーターとカソード間に印加して2回程度極性を



[図2] H-K 絶縁テスト回路



[写真2] 作業の終わった真空管は精密級のメーターで各部の動作を測定

(6) 加熱電圧，電流の測定

ヒーター，またはフィラメントの加熱電圧，電流は他の電極に電圧を加えない状態で**図4**のような回路で測定します．精密に測定する場合には，電圧計Vを流れる電流を電流計Aの読みから差し引きます．量産によって作られる商品ですから当然許容誤差があり，経済的許容誤差は酸化皮膜陰極のものは規定の ±8％以内，トリウム入りタングステンとタングステンフィラメントは規定の ±4％以内となっています．

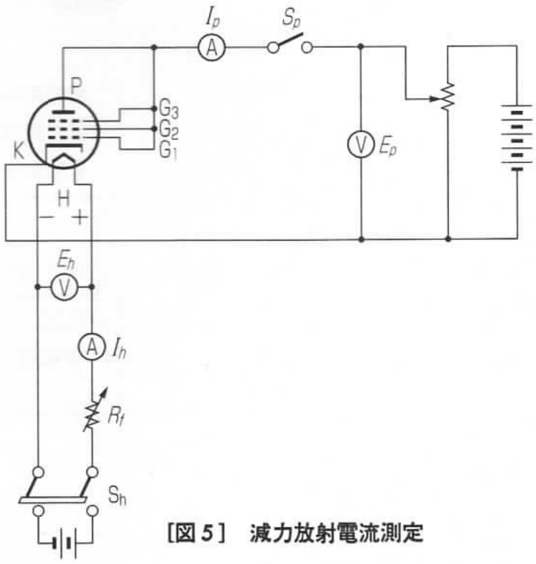
(7) 傍熱型陰極の加熱時間測定

傍熱型陰極は熱容量が大きいために，定常の陰極温度に達するまでには約20秒を要しています．

この時間を測定することによってエミッター（電子放出させるカソードのコーティング物質）の状態を知ることができる重要な意味を持っています．

あらかじめヒーター電源以外は規定電圧をかけ，最後にヒーター電圧を加えてから，陽極電流が定常値の1/2になるまでの時間をストップウォッチで測定します．

陽極の電流計を監視していて数秒の後に電流が流れ出したならば，陰極表面物質（エミッター）は不均一で，後に電子の噴出現象を起こす不安定な部分のあることを示していることになります．逆に電流が長い時間かからないと流れてこない（指針が触れてこない）陰極は電子放射が不充分であることを示しています．陰極の良否と加熱時間が同時にわかります．



［図5］ 減力放射電流測定

(8) 陰極温度の測定

熱陰極を持つ真空管はその陰極温度によって，その寿命が決まるといってよいほどです．これを所定の値にするために製造側も，使用側もともに陰極温度の測定を正確に行うよういろいろな測定が行われてきました．

光高温度計による方法は，外部から陰極が見える真空管では測定できますが，特に細いフィラメントの場合，拡大し光高温度計の熱線と比較する特殊な測定器を使います．陰極の端の方の温度しか測れないとかガラス壁の光吸収による誤差が生じるなどなかなか正確にできません．

製造段階では，細い線で作った熱電対を陰極表面に接触させたり，埋め込んだ真空管を作り，陰極の加熱によって生じる熱電対の起電力を電位差計やマイクロ電圧計で測定すれば正確な計測ができます．しかし一般既製の真空管には応用できず，熱電対による陰極の冷却を考慮しなくてはなりません．今となっては，規格表の電圧，電流を守ることが重要となるわけです．

(9) 放射電流の測定

陰極からの放射電流は真空管の動作をきめる最も重要なもので，種々の測定方法があります．それぞれの場合場合によって，測定の特徴を生かした一番最適な方法で行います．直接放射電流を求める直接法と，間接的に他の性能から放射電流が十分であるかどうかを確かめる間接法とがあります．

①減力放射電流

真空管の陰極そのものの性能を確かめるのに最も適した方法です．陰極を測定温度よりはるかに低い温度に加熱しておき，これに電界を加えて放射電流を取り出して，マイクロアンメーターで測定します(**図5**)．

この方法によると，陰極の温度が低いので放射電流測定中に陰極が活性化されることがありません．したがって陰極面がガスイオンにより害される状態などがよくわかり，陰極そのものの性能がよくわかるので，メーカーが製品の品質確認など検討のための試験方法として盛んに利用されました．

陰極が正規の温度に加熱された

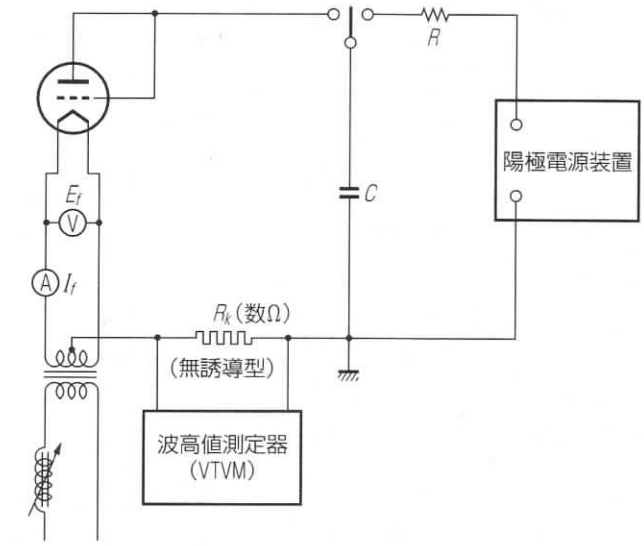
状態での放射電流は，一般に相当大きな値となるため，これを継続して流すと真空管を傷めるおそれがあります．そのようなときには陰極は正規の加熱を行っておいて，他の電極にごく短い時間，電圧をかけて，そのときに流れる放射電流を測定する方法が行われます．**図6**の回路です．

②パルス放射電流

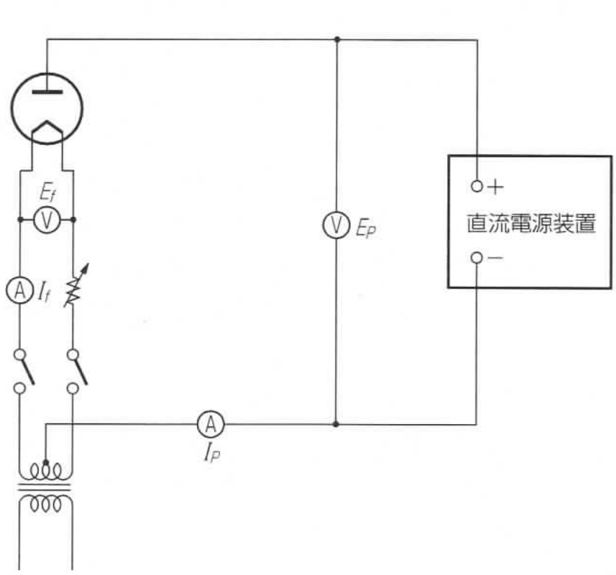
送信用真空管は受信用真空管と異なり，使用電力に比べて電極許容損失が小さく，逆に放射電流は入力電流の3倍以上にはとってあることと，電極内径が大きいので，飽和電圧が高いため**図5**の直接測定は不可能で，衝撃波（パルス）による放射電流測定（**図6**）を行います．

一方受信用真空管は，一般に使用電力に比べて電極許容損失が大きいので，150〜200mA程度の放射電流は**図5**のように陰極以外の電極を一括接続して，これに低電圧を加えて電流計で直読することができます．

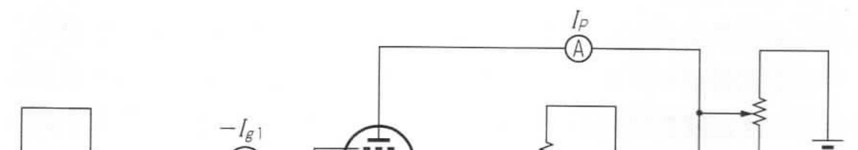
いずれにしても比較データを基に判断することとなります．



［図6］ パルスによる放射電流の測定



［図7］ 2極真空管の真空度試験



［図8］ 真空度試験（太線部分は絶縁に注意）

(10) 真空度試験

真空管の真空度は真空管内の残留ガス量がどの程度かによります．完成された真空管では，動作時における管内残留ガスのイオン化によって生じる電気的変化量から真空度を判定しますから，真空管の構造によって測定法が変わります．

①2極真空管

図7のごとく接続して，陽極に所定の電圧 E_p を印加して陰極フィラメント電圧 E_f をゼロから次第に加圧し，陽極電流を所定の値